

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 52-100249

(43)Date of publication of application : 23.08.1977

---

(51)Int.Cl.

G03H 1/04  
G11B 7/00

---

(21)Application number : 51-017294 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC  
IND CO LTD

(22)Date of filing : 18.02.1976 (72)Inventor : SATO ISAO  
KATO MAKOTO

---

## (54) HOLOGRAM RECORDER

### (57)Abstract:

PURPOSE: To make a clear and high-density record in a proper time by using a holographic beam splitter on which a plurality of diffusion plate holograms are recorded.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision  
of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨日本国特許庁

⑩特許出願公開

公開特許公報

昭52—100249

⑤Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 03 H 1/04  
G 11 B 7/00

識別記号

⑥日本分類  
104 G 0  
102 D 11

庁内整理番号  
6558—23  
7247—23

④公開 昭和52年(1977)8月23日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 19 頁)

⑭ホログラム記録装置

①特 願 昭51—17294

②出 願 昭51(1976)2月18日

⑦発 明 者 佐藤 勲

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

⑧発 明 者 加藤 誠

門真市大字門真1006番地松下電  
器産業株式会社内

①出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

④代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

ホログラム記録装置

2. 特許請求の範囲

(1) 2つのフーリエ変換レンズFTL1とFTL2とで構成される再結像光学系において、FTL1の前後焦点面におかれた複数個の拡散板のホログラムを記録したホログラフィックビームスプリッタと、前記FTL1の後端焦点面(前記FTL2の前端焦点面と同じ)におかれた情報構成体と、前記FTL2の後端焦点面におかれた記録媒体を配し、前記ホログラフィックビームスプリッタと前記記録媒体とが同期して、しかも等しい移動速度で交互に逆方向に移動しながら記録することを特徴とするホログラム記録装置。

(2) 前記ホログラフィックビームスプリッタと前記記録媒体とが共にディスク形状をなし、前記ホログラフィックビームスプリッタに、拡散板のホログラムがうず巻状に記録されたことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のホログラム記録

装置。

(3) 前記ホログラフィックビームスプリッタとして前記拡散板のホログラムを同心円状に記録したことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のホログラム記録装置。

(4) 前記ホログラフィックビームスプリッタと前記記録媒体とが共にチーフ形状であることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のホログラム記録装置。

(5) 前記情報構成体が、複数個の矩形開口で構成され、前記矩形開口が多数光と光軸とを結ぶ方向の一辺が他の一辺より長いことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項または第3項に記載のホログラム記録装置。

(6) 前記情報構成体の情報構成期間と、前記ホログラフィックビームスプリッタへの照射光束の照射時間との同期をとったことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第5項のいずれかに記載のホログラム記録装置。

(7) 前記同期は前記ホログラフィックビームスプリッタに、

からの反射光によって行なうことを特とする特許請求の範囲第6項に記載のホログラム記録装置。  
例 前記ページコンポーザが複数組の矩形開口からなり、2つの矩形開口が交互にオンオフするようにして同期ビットを挿入したことを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載のホログラム記録装置。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は大量情報を高品質かつ高密度ホログラムの形態で高速に記録し、高忠実度で再生するシステムに関する。特に本発明は、映像情報などなくPCM形式オーディオ信号の新規記録再生システムを提供するものである。

近年、レーザおよび関連技術の開発が進み、情報処理の分野でも従来のエレクトロニクスを主体とした技術体系に加えて、光学的手段が導入されてきている。たとえば、ビデオ信号の記録再生方式において、従来の磁気テープを記録媒体としたVTRシステムが主流となっているが、最近では機械的カッティングによるビデオディスク方式と

もレーザビームの収束性を利用した光方式のビデオディスクシステムが発表されるに至っており、光メモリが高密度記録に適する点、また非接触、高速読出可能である点などの優位性に注目が払われている。また、同じ光メモリではあるが、ビット・バイ・ビット記録ではなく、単位情報をひとまとめにコード変換して記録するホログラムメモリも特別の利点を備えたものとして有望視されている。さてビット・バイ・ビット方式のビデオディスクでは、収束レンズのF数を1.0、光波長を0.6 $\mu$ mとして10<sup>6</sup>bits/ $\mu$ m<sup>2</sup>程度の記録密度を達成できる。この密度は光波の回折現象にもとづく限界に極めて近い値であって、300nm程度のディスクによって1時間以上のプレイバックが可能になるための必要条件をなしている。一方、ホログラムメモリにおいては、多量情報を含む空間パターンを、単位ホログラムとして高密度に記録するためにフォーリュ変換レンズと称される特別の素子を用い、このレンズはビットバイビット方式で用いられる収束レンズに比べて構成がより複雑になる。その

ためレンズのF数を1.0程度にすることには相当の困難を伴う。また、コヒーレント照明されたパターン情報に付随する空間ノイズを抑圧するために情報拡散手段が用いられ、前者のレンズ系の問題とあわせて記録密度は0.5 $\times$ 10<sup>6</sup>bits/ $\mu$ m<sup>2</sup>程度が現実的なところとみられる。このような記録密度の単純な比較ではビットバイビット方式がより有利であるが、高密度メモリシステムでは2つの本質的問題が生じることを考慮しなければならない。第一は記録情報を乱すホコリ、マズの存在であり、第二に記録された微細パターンを正確に読出す機構の難易である。先にあげたビットバイビット方式のビデオディスクでは1 $\mu$ m程度の凹凸をレーザビームで追跡するようになっており、クリーンルームで基板を作成する過程においてもホコリや傷の影響をまぬがれがたう。また再生系に精密なトラッキングおよびフォーカシングの機構を必要とする。

しかるに、一般にホログラムメモリでは冗長性があり、また、信号再生系の構成においてトラ

ッキングとフォーカシングが極めて簡単であるばかりか、フォーリュ変換ホログラムを用いることによって信号の同期をとることが非常に容易になる。したがって、実験室ないしは特別の設備を要しない空間で用いる再生システムとしては今後ホログラムメモリシステムが圧倒的に有利になっていくものと考えられる。

しかしながら、かくの如き利点をそなえたホログラムメモリをオーディオないしビデオシステムに適用するに際しての困難も少なくない。以下においてはこれら問題点と対比させて本発明の核心となる方法を説明する都合上、オーディオ信号をホログラム列として記録する方法について先ず述べることにする。オーディオ信号は、オーケストラなどの第一次音源で100~120dBの音域をもち、ホール録音レベル15~20dBを引いたダイナミックレインジは90~100dBにもおよび、一方、テープレコーダやディスクレコードなどの第二次音源のダイナミックレインジ60~80dB程度で、第一次と第二次音源の間には30dB以

上の差がある。この差を縮めるために、テープやレコードの材料、ピックアップや磁気ヘッドの改良、ミクシング技術や音量圧縮伸張方式の適用、PCM録音方式などが研究されている。抜本的な性能向上には、PCM方式が本命視されているが、記録情報量が膨大になることから、VTRシステムが用いられている現状であって、ディスクレコードへの適用にはビデオ記録と同様の困難を伴う。いま4チャンネルオーディオ信号の高忠実度PCM記録を考えると、標準化周波数50 KHz, 13ビット/標本値, 再生時間30~60分として  $8 \times 10^9 \sim 10^{10}$  bitsの容量を納めなければならない。

さて、ホログラムは基本的に時間的に変化する空間パターンを対象として記録が実行されるもので、時系列信号をホログラムの形に変換するシステム構成には多くの制約が伴う。最大の難点は、一方で記録される信号形態が時間的に刻々変化するのに対し、他方で記録媒体が干渉縞に対して露光中静止していることが前提とされていること

とである。すなわち、種々考えられるオーディオホログラム記録系において、一般にある時間間隔の時系列信号を単位ホログラムに対応させようとすると、逐次記録される各単位ホログラムの干渉縞が充分鮮明であるためには、露光中記録媒体に対する干渉縞の移動距離が干渉縞間隔の何程度に抑えられる必要がある。そこで考えられた一つの解決策ではもともと一次元情報である時系列信号を二次元空間パターンに展開して記録しようとする通常のホログラム系には無理があるとして、一次元フーリエ変換ホログラムの形で信号記録を行ない、媒体の走行(送り)方向とは直角な方向にのみ信号のフーリエ変換パターンを記録してゆくことが試みられてきた。しかし、一次元ホログラムは通常の二次元ホログラムとビットバイビット記録方式との中間的性質を有するものであり、時間軸方向にはビットバイビット方式と等価な記録形態をとっている分だけ記録が容易になっているが、逆にホログラムメモリ本来の特長がうすれ、利点も半減している。円柱レンズ系によるシャー

プなフォーカシングが困難(記録密度低下)および冗長性低下、同期検出もビットバイビット方式と同等に難しい。

いま、時系列信号を通常のホログラム記録系によって記録することが非常に困難な事情を第1図の例によって示そう。図において、レーザ光源1からの光束は光束調整器2でページコンポーザの立上り特性およびディスク回転に同期してON-OFFされ、対物レンズ3、ピンホール4およびコリメートレンズ5からなるコリメート光学系で拡大平行光束とされて、ページコンポーザ6を照射する。ページコンポーザ6は参照光用の開口8と、情報形成用開口7からなり、これらの透射光はフーリエ変換レンズ9によってディスク媒体11上に集光されホログラム10を形成する。このとき、情報形成用開口7には、情報拡散用の位相板が重ねられていて、ホログラム10のスペクトルを拡散して冗長度の高いホログラム記録を可能にしている。また、集光レンズ81が参照光用の開口8へ光束を取込している。ディスク媒体11は、

モータ12によって回転数 $N_1$ で駆動され、さらに回転につれて、径方向へ送られる。同期用トラック14上の同期符号は、同期信号検出器13で検出されて位相サーボに使用される。したがって、ホログラム10はうず巻状のトラック15上に外周から内周へそのビッチをしだいに密に記録されることになる。前述したように、ホログラム記録条件として、 $\delta/B$ 以下のディスク回転( $\delta$ :干渉縞の最小間隔)を許容する場合、ディスク媒体11の回転数 $N_1$ は、次式で与えられる。

$$N_1 \leq \frac{\delta}{B} \cdot \frac{60}{\pi d_1} \frac{1}{t_{exp}} \quad (\text{rpm}) \quad \dots\dots (1)$$

$$\delta = \lambda_1 / \sin \theta \quad \dots\dots (2)$$

ただし、 $\lambda_1$ は光波長、 $\theta$ は参照光と物体光のなす最大角度、 $d_1$ はディスクの最外径、 $t_{exp}$ は露光時間である。

露光時間 $t_{exp}$ は

$$t_{exp} = \frac{D_{H1} \cdot D_{H2} \cdot R_m}{\gamma_{01} \cdot P_{f1}} \quad \dots\dots (3)$$

ただし  $\eta_{01}$  は、光学系の効率、 $P_{f1}$  はレーザの出力  
 $D_{H1} \times D_{H2}$  はホログラム面積、 $E_m$  は媒材の適正露光量で与  
 えられる。たとえば、 $\lambda_1 = 0.442 \mu$  記録密度  $1^5 \text{ bit}/\text{mm}^2$ 、  
 およびページコンポーザのビット数を  $1024 \text{ bit}$  とす  
 ると、ホログラムサイズ  $D_{H1} \times D_{H2}$  は  $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$  となる。  
 次に記録媒体として、フォトレジスト AZ1350 を使用  
 するものとして、 $E_m = 24 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 、光学系の効率  $\eta_{01} = 0.10$   
 および

$$P_{f1} = 75 \text{ mW} \text{ とすると、}$$

$$t_{exp} = 320 \mu\text{s}$$

$$\theta = 50^\circ \quad d_1 = 290 \text{ nm} \text{ とすると、}$$

$$(F1 \sim 1.2 \times \text{相当}) \quad \delta = 0.442 \mu / \sin 50^\circ = 0.83 \mu\text{m}$$

$$\text{よって、} N_1 \leq \frac{0.93 \times 10^{-3}}{8} \cdot \frac{60}{\pi 290 \cdot 320 \times 10^{-6}} = 0.015 \text{ pm}$$

したがって、ディスク一枚記録するに要する時間  $T_{rec}$  は

$$T_{rec} = \frac{d_1 - d_2}{2\beta_T D_{H1}} \cdot \frac{1}{N_1} \quad (4)$$

ただし、 $d_2$  はディスクの最内径、 $\beta_T \cdot D_{H1}$  は、  
 半径方向のホログラムビッチである。

$$\beta_T = 1.10 \quad d_2 = d_1 / 2 \text{ とすると}$$

第2図は本発明の原理図であり再回折光学系と  
 ホログラフィックビームスプリッタからなるシス  
 テムを基礎として、運動する記録面に対する干渉  
 縞パターンの流れを完全に補償する方式へ発展さ  
 せたものである。まず第2図においては、第1図  
 で示したページコンポーザと同様のものが設定  
 された開口面23があるが、ページコンポーザの  
 開口24には拡散板はなく、その代りに拡散板は  
 あらかじめ別の系でフーリエ変換ホログラムに記  
 録され、そのホログラム21がコヒーレント光束  
 20で照射されている。したがって開口24はフ  
 ーリエ変換レンズ22を介して拡散板の再生像で  
 照射されている。また照明光源用開口25にはフ  
 ーリエ変換レンズ21によって集光されたホログラム  
 21（ホログラフィックビームスプリッタ以下  
 はSと略称）からの0次回折光が収束するので  
 第1図の集光レンズB1は不要である。すなわ  
 ち拡散板21で分割された光束のうち0次光は照  
 明光となり、1次回折光がページコンポーザ照明  
 光となって、これらの光束はフーリエ変換レン

$$T_{rec} = \frac{280-145}{2 \times 1.10 \times 0.1} \cdot \frac{1}{0.015} = 723 \text{ hr}$$

という、非常に長いものになってしまう。現実的  
 な記録時間とするためKは、露光時間の大幅な改  
 善が必要となる。

本発明は、以上のような技術背景のもとに二次  
 元ホログラムの特質をそのまま保持したメモリを  
 高密度に集積する形で時系列信号の記録読出を可  
 能ならしめるところに最大の特徴を有するもので  
 あって、①時間的に連続した信号を不連続なひと  
 組の空間パターンに変換するページコンポーザ系  
 および逆に空間パターンとして再生された光学像  
 を光電変換して連続信号にもどす固体イメージセ  
 ンサ系からなる電気系と、②回転駆動される記録  
 媒体上に、本質的には静止系でなければ記録でき  
 ないホログラムを連続的に、しかも、実質的な時  
 間以内（ミリ秒リアルタイム）で記録する光学系を  
 結合したものである。

以下本発明の詳細について図面とともに説明す  
 る。

図26を介してその後側焦点面27上でホログラ  
 ムを形成する。このシステムの特徴はホログラム  
 面27がHBS21の像面となっていることである。  
 したがって、系は機械的な振動に対して、通常  
 のホログラム記録系に比して非常に安定であり、  
 光源のコヒーレンス条件（単色性、広がり）の如  
 何にかかわらず鮮明な干渉縞を与えることができ  
 る。(J. Opt. Soc. 64 (1974) 1507, Appl.  
 Opt. 14 (1975) 1093)。

さてそのような点を別にすれば第2図のシステ  
 ムは静止系においては通常のホログラム記録系と  
 見掛上大差がないのであるが、これを回転系にお  
 いて考えると顕著な差が生じるのであって本発明  
 の第一の核心はここにある。いまHBS21がある  
 一点を中心に回転運動を行なうと、その像は回  
 転中心の共役点を中心とした回転運動を行な  
 う。ただし結像倍率は-1となっているから速度ベ  
 クトルの接線方向は互いに逆方向になる。そこで  
 ホログラム記録面を同回転運動に同期して露光  
 すれば、干渉縞の流れは生じず、鮮明なホログラ

ムが記録できることになる。

第3図は以上のようない原理を用いた本発明の具体例の一つを示しており、ディスク状感光媒体37にうず巻き状にホログラム列320が連続的に記録される光学系となっている。同一拡散板のフーリエホログラムを逐次記録したHBSの列を形成するHBSディスク32(HBSDと略す)とページコンポーザ35とホログラム記録用ディスク(HRDと略す)37は、フーリエ変換レンズ34とフーリエ変換レンズ36を介して、再回折系を構成している。

HBSD32は、たとえば第1図において、ページコンポーザ6を参照光開口8と位相板7のみからなるマスクで置き換え、これを入力像としてそのフーリエ変換ホログラムをフーリエ変換レンズ6でディスク媒体11に記録したものであって、ディスクの回転数 $N_1$ を一定とすると、HBS列は第4図のような配列となる。

レーザ30から出射された光束は、光変調器31によって、1/0の強度変調されたHBSの再生光

束300となる。再生光束300は、HBSD32上のHBSを照射し、回折された0次光および1次光は、それぞれ、フーリエ変換レンズ34によってフーリエ変換され、ページコンポーザ35上の参照光開口330と情報構成用開口340上に再生像を結像する。ページコンポーザ35は入力データに応じて、位相板再生像の振幅分布を情報構成開口340で変調し、フーリエ変換レンズ36で再び、ホログラムをディスク媒体37上に作成する。HBSD32とHRD37とは、それぞれモータ33および38で同期して同一方向に回転しながら、ディスクの径方向へ同一速度で逆方向へ送られて、うず巻き状トラックにホログラムを記録するようになっている。光変調器31とページコンポーザ35とHBSD32の間のタイミングは、第5図に示されるようになっている。すなわち、HBSD32上のHBSは、第6図に示されるように、ピッチ $P_{H2}$ 、ホログラムのトラック方向の大きさを $D_{H2}$ で配されている。ただし、HBSD32の回転数 $N_1$ が一定とすると、ピッチ $P_{H2}$ は可変で

あって、最内周 $d_2$ 上でのHBS間のクロストークの量で下限が決定される。この図では、ホログラムサイズを $D_{H1}$ (径方向) $\times D_{H2}$ (トラック方向)なる矩形とし、再生光300を円形としている。HBSの再生時間、すなわち、ホログラムの露光時間 $t_{exp}$ は、HBS間に再生に再生光300がオーバーラップする際のクロストーク量によって制限される(記録媒体の感度等によっても制限をうけることはもちろんである)。

一方、ページコンポーザ35の情報構成時間、すなわち、立上り時間 $t_r$ と立下り時間 $t_f$ との和を $(t_r+t_f)$ とすれば、1つのホログラムの記録に用いる時間 $t_{Rec}$ は

$$t_{Rec} = t_{exp} + t_r + t_f \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。したがって、光変調器31で変調された再生光300は、第6図aのように時間 $t_{exp}$ の間のみ、ONとなってホログラムの露光を行なう。

また、 $t_{exp}$ は第6図において、 $P_{H2} = \beta_H \cdot D_{H2}$ および再生光300が、HBSからはみ出すを $kD_{H2}$ とすると( $k$ の値がHBS間のクロストーク

の量を決める)

$$t_{exp} = \frac{2k}{\beta_H} t_{Rec} \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。第6図は、 $k = 1/2$ 、 $\beta_H = 1.25$ の場合を示している。また媒体から要求される露光時間 $t_{exp}$ は(8)式で与えられるから、(3)式または(10)式の内より小さな方で、 $t_{exp}$ が決まることになる。

回転数 $N_1$ は

$$N_1 < \frac{60}{t_{Rec}} \frac{2\beta_H D_{H2}}{\pi d_1} \quad \dots\dots\dots (7)$$

で与えられる。

HBSD32を使用しない場合と同じ数値を用いてHBSDの効果率を計算してみよう。

(2)式より  $\gamma_{01} = 0.1$  とすると、

$$t_{exp} = \frac{0.01^2 \times 24 \times 10^{-3} / 10^2}{0.1 \times 75 \times 10^{-3}} = 320 \mu s$$

一方、ページコンポーザの情報構成時間をたとえ

は1.5 msecとして、

$t_{Reo} \approx 2ms$ とすると、

$$N_1 = \frac{60}{2 \times 10^{-3}} \times \frac{2 \times 1.25 \times 0.1}{\pi \times 290} = 8.23rpm$$

したがって、ディスクを一枚記録するのに要する時間は、

$$T_{Reo} = \frac{290-145}{2 \times 1.10 \times 0.1} \times \frac{1}{8.23} \approx 1.2hr$$

と非常に改善される。

HBSD32とHRD37との回転数の許容差  $\Delta N_1$  は、次のようになる。すなわち、径  $d$  のディスクの周速度  $V$  は

$$V = \pi d \frac{N_1}{60} \quad \text{..... (9)}$$

で与えられるから、たとえば、HBSD32の回転数  $N_1$  に対してHRD37の回転数が  $N_1 + \Delta N_1$  と  $\Delta N_1$  だけ変動した場合、(1)式は

ラッタの値である。

ここにいて、HBSD32の作成には1式の制限があるがHBSD32の作成時には、位相板のホログラムを作ればよいわけであるから、第6図に示す通常のホログラム記録系において、位相板62と参照光開口61とを、平行平面光束60で照明し、FTL<sub>1</sub>63でホログラム64を作成して、これを、第7図のHBSD記録光学系で使用すれば、光学系の効率  $\eta_{01} \approx 100\%$  で、記録が可能となる。すなわち、第7図において、第6図において準備したホログラム64を、HBS73として利用する。レーザ光源70の出射光束は、光変調器71によってHBSD77のモード78と同期してON-OFFする再生光束72となる。再生光束72によって照射されたHBS73は、FTL<sub>1</sub>74によって、再生像面75に、参照光と位相板との再生像70および71を生じ、これから、再びFTL<sub>2</sub>76によって、フーリエ変換し、HBSD77上に、HBS列を作成する。

この場合、HBS73は、記録媒体の記録条件

$$\Delta V = \pi d \frac{\Delta N_1}{60} \quad \text{..... (10)}$$

となって、ホログラム露光時間  $t_{exp}$  の間に、HRD37は、( $t_{exp} \cdot \Delta V$ )だけ相対的にずれることになる。この場合でも、良好なホログラム記録が出るためには、(1)式と同様に

$$t_{exp} \cdot \Delta V \leq \frac{\delta}{8} \quad \text{..... (10)}$$

が、成立しなければならない。

すなわち、許容されるディスクの回転数変動は、

$$\Delta N_1 / N_1 = \frac{\delta}{8} \left( \frac{60}{\pi d N_1} \right) \left( \frac{1}{t_{exp}} \right) \quad \text{..... (11)}$$

となる。

たとえば、 $\delta = \lambda_1 / 8 \sin \theta = 0.442 \mu / \sin 60^\circ = 0.56 \mu m$ 、 $d = 290mm$ 、 $N_1 = 8.23rpm$ 、 $t_{exp} = 220\mu s$ とすると、

$$\frac{\Delta N_1}{N_1} = \frac{0.56 \times 10^{-3}}{8} \cdot \frac{60}{\pi \times 290 \times 8.23} \cdot \frac{1}{320 \times 10^{-6}} = 0.18\%$$

となり、これは、比較的容易に実現出来るワウ・フ

処理条件、材料の種類、ホログラムの干渉縞の厚み（いわゆる厚いホログラムすなわち体積ホログラム）などを選択することによって、その回折効率を制御して、参照光対物体光の強度比を容易に設定出来るから、レーザ70からの出力のロスをして、良好な記録条件を設定できることになる。

よって、HBSDの作成に要する記録時間は、

(1)式において、 $\eta_{01} = 100\%$ として求められ

$$T_{Reo} = 41.6hr$$

となる。もちろんHBSDはたゞ一回のみ記録すればよいから、この時間は実際に音声信号を記録するに要する時間とは無関係である。

第8図は、本発明の第2の実施例であって、HBSDの記録時間を減少させるため、HBSを一層のみ作成したものをHBSDとして使用した例であって、レーザ80から出射された光束は、光変調器81によって1/OK強度変調されたHBSの再生光束82となる。再生光束82は、HBSD3上のHBSを照射し、回折された0次光および1次光は、それぞれFTL<sub>1</sub>85によって、

フーリエ変換されて、ページコンポーザ86上の参照光開口810と情報解成用開口20上にHBSの再生像を結像する。ページコンポーザ86は、入力データに応じて位相板再生像の振幅分布を情報解成開口820で変調し、FTL<sub>2</sub>87で再びフーリエ変換して、HRD88上へ、わずかに状態ホログラム830を記録する。HBS D89には、ディスクの有効記録領域、最外径 $d_1$ と最内径 $d_2$ 、の中心、すなわち、 $d_0 = (d_1 + d_2)/2$ の径で、HBSが一周記録されている。HBS D89とHRD87は、それぞれモータ84と89によって同期して駆動されており、その回転方向は同一である。HBS Dの直線運動が省かれているので、その分だけ機構が簡単になる。記録トラック数が少ないときはこの方式で充分鮮明なホログラムを記録できる。

以上の方法は部分的補償方法であって、このときのディスクの回転数 $N_1$ は $d_1 = 2d_2$ 、 $d_0 = 3/4 d_1$

$$\text{として } N_1 \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \theta} \cdot \frac{60}{\pi d_1} \cdot \frac{1}{t_{\exp}} [\text{rpm}] \dots \dots \dots (12)$$

再生像の振幅分布又は位相分布を情報解成開口893で変調しFTL<sub>2</sub>893で再度フーリエ変換してHRT840上に、順次ホログラムを記録する。HRT840は、テープガイド850で案内され、供給リール880からキャプスタン860、870によって巻取りリール890へ速度Vで送られる。HBS T85とHRT840は、同期して逆方向へ送られてゆく。

本方式によれば、ディスク方式よりなるかに多数のデータが記録可能であって、しかも高速に通常のビット・バイ・ビット記録と同様の速度で記録出来る。しかもHBS T85はエンドレステープとすれば、収容すべきHBSもわずかの数でよく、HBS T85の作成時間が非常に短かくてすむ。

第10図は、本発明によって作成したHRDの再生光學系の一例である。レーザ光源100から出射した光束110はビーム整形レンズ120で、所定の形状のビーム140をトラッキング用ミラー130上に結像する。トラッキング用ミラー130によって角度偏向された再生光束191は

で与えられ、(1)式と比較して、4倍のSpeed upが可能である。

第9図は、本発明の第3の実施例であって、移動する記録媒体が、テープ状形状の場合の例を示す。エンドレステープにHBS86を記録したホログラフィックビームスプリッタテープ(以下HBS Tと略す)85は、キャプスタン群87、88、89、900によって、速度Vで送られている。レーザ光源90から出射した光束は、光束調整91によって、スイッチングされ、ミラー92、93によって、HBS86の再生光束94となる。再生光束94は、HBS T85と、ページコンポーザ920およびホログラム記録テープ(以下HRTと略す)840とが同期して記録出来るよう光束調整91によって、強度変調される。HBS86より回折された0次光及び1次光はFTL<sub>1</sub>910で、フーリエ変換され、ページコンポーザ920の参照光開口992と情報解成用開口993上にHBSの再生像を結像する。ページコンポーザ920は、入力データに応じて位相板

トラッキング用ミラー130を前焦点面とするコリメートレンズ150によって、平行移動する再生光束192となる。コリメートレンズ150の後焦点面にかかれたHRD160は、再生光束192によって回折され、FTL<sub>2</sub>183によって、フーリエ変換されて、参照光の再生像193とページコンポーザによって入力された入力情報パターンの再生像194が再生される。入力情報パターン194は、固体イメージセンサ190によって光電変換される。もちろん、後で詳述するより、HRD160は、偏心があるために、再生像の強さが最大となるようにトラッキングミラー130によって、HRD160の径方向にトラッキングをかける必要があり、しかも、再生された入力情報パターン194から一定のクロックでデータを出力するため、HRD160の駆動モータ170の回転数 $N_2$ はサーボがかけられる。しかしながら、その精度は、ホログラムタイマオーダでよく、しかもフォーカシングは不必要である。

以上のようにして、HRD160は各ホロ



グラムから入力情報パターンが再生され、H B D 160は回転につれて、径方向へ送られて、次々とホログラムを読み出すことになる。

次に、再回折光学系を使用した場合の記録密度について述べる。まず、フーリエ変換ホログラムの記録再生系に使用するレーザ光源およびフーリエ変換レンズの光波長を $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、焦点距離を、 $f_1$ 、 $f_2$ 、Fナンバーを $F_1$ 、 $F_2$ とすると、位相板のサンプリングピッチを $P_{d1}$ とすると再生像のそれは $P_{d2}$ となって、

$$P_{d2} = M \cdot P_{d1} \dots\dots (13)$$

と与えられる。ここで、 $M$ は再生倍率であって

$$M = \frac{\lambda_2 f_2}{\lambda_1 f_1} \dots\dots (14)$$

である。サンプリング点の数を $n_p \times n_p$ とすると、

$$P_{d1} = \frac{f_1}{\sqrt{2} n_p F_1} \dots\dots (15)$$

$$P_{d2} = \frac{f_2}{\sqrt{2} n_p F_2} \dots\dots (16)$$

$$D_{B1} = \frac{\beta_d^2}{4.6} \left( \frac{1}{2\lambda_1 F_1} \right)^2 \dots\dots (20)$$

すなわち、この場合の(17)式に相当する式は

$$1.50\lambda_1 F_1 = \lambda_2 F_2 \dots\dots (21)$$

となる。

②同様に、第11図bは、情報構成開口1140の面積を、FTLの有効径1130内で、参照光開口1150を、デイスレーション光成分が、分離可能な条件下で最大とした場合を示している。

この場合、単位開口を矩形として、 $n_{p1} \times n_{p2}$  bitsで構成されていると考え、

$$P_{d1} = \frac{3}{\sqrt{2}} \left( \frac{f_1}{F_1} \right) \frac{1}{n_{p1}} \dots\dots (22)$$

$$= \frac{3}{8} \left( \frac{f_1}{F_1} \right) \frac{1}{n_{p2}} \dots\dots (23)$$

ホログラムサイズは、

$$D_H = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\beta_d} (2\lambda_1 F_1) n_{p1} \dots\dots (24)$$

よって、記録密度 $D_{B2}$ は

となるから、(13)式へ(14)、(15)、(16)式を代入して

$$\lambda_1 F_1 = \lambda_2 F_2 \dots\dots (17)$$

という関係が与えられる。

第11図は、再回折光学系でとりうる参照光と情報構成開口の位置関係を示している。そこで4つの場合について述べる。

①第11図aは $n_p \times n_p$  bitsなる情報構成開口1120と参照光開口1110がFTLの有効径1100内に内包した場合を示している。このとき、

$$P_{d1} = \frac{8}{17} \left( \frac{f_1}{F_1} \right) \frac{1}{n_p} \dots\dots (18)$$

ホログラムサイズは

$$D_H = 2 \frac{\lambda_1 f_1}{\beta_d P_{d1}} = \frac{1}{\beta_d} \frac{17}{4} \lambda_1 F_1 n_p \dots\dots (19)$$

と与えられる。 $\beta_d P_{d1}$ は、単位開口の大きさを表わす。

したがって、記録密度 $D_{B1}$ は

$$D_{B2} = \frac{\beta_d^2}{3.08} \left( \frac{1}{2\lambda_1 F_1} \right)^2 \dots\dots (25)$$

となる。又、波長と、Fナンバーの関係は

$$1.08\lambda_1 F_1 = \lambda_2 F_2 \dots\dots (26)$$

となる。

③第11図cは、第11図bの場合、情報構成開口1170の単位開口1180の形状と参照光開口1180とを一致させることによって、所定の大きさのホログラムを、その他の補助手段なしに記録媒体上に形成し、同時に、参照光と物体光とを非常に良好な精度で重ね合わせられる。

情報構成開口1170を $2 \times n_{p1}$  bitsで構成すると、

$$P_{d1} = \frac{\beta_d}{2} \left( \frac{f_1}{F_1} \right) \frac{1}{n_{p1}} \dots\dots (27)$$

$$P_{d2} = \frac{3}{20} \left( \frac{f_1}{F_1} \right) (= D_2) \dots\dots (28)$$

ホログラムサイズは

$$D_{H1} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{1}{\beta_d} (2\lambda_1 F_1) n_{p1} \dots\dots (29)$$

$$D_{H2} = \frac{20}{3} (2\lambda_1 F_1) \dots\dots\dots (30)$$

よって、記録密度  $D_{B3}$  は

$$D_{B3} = \frac{\beta_d}{3.85} \left( \frac{1}{2\lambda_1 F_1} \right)^2 \dots\dots\dots (31)$$

となり、

$$1.00 \lambda_1 F_1 = \lambda_2 F_2 \dots\dots\dots (32)$$

が成立する。

④ 一方、通常の参照光をFTLに入射しない方法によると、記録密度  $D_{B3}$  は

$$D_{B4} = \frac{\beta_d^2}{2} \left( \frac{1}{2\lambda_1 F_1} \right)^2 \dots\dots\dots (33)$$

となる。また、(12)式が成立する。

通常、再生系においては、コストが大きなフタガラスをしめるため、安価で安定なHe-Neレーザの使用が望ましい。すなわち、ホログラムの記録と再生では、同一波長が使用出来ないのが普通である。レンズフリー型変換ホログラム系は光波長によって倍率は変化するが、無収差で原理上、記録再生出来るという特徴があるため、結果的に再回折系においても、その記録密度に、大きな差が生じないわけである。

上表から判かるように、同一波長で記録再生した場合、方式①は方式④の1/2.25となるはずであるが、 $\lambda_2/\lambda_1 = 1.43$ の関係から、1/1.1に減少するにすぎない。

ページコンポーザは、図12図に示されるような構成である。ここでは、ネマチック液晶の電気光学効果を用いた液晶マトリックスの例を示した。液晶1240は、マイラースペース1230を介して、X透明電極1210の蒸着されたガラス基板1220とY透明電極1260を蒸着したガラス基板1250から構成され、液晶の書き換え時間内に全ビットをアドレスして加算すれば、一面面を構成出来るわけである。

しかしながら、現在の技術レベルからは、2次元構成のページコンポーザは実現が非常に困難であって、各種の材料、たとえば、PLZT、液晶  $Gd(MoO_4)_3$ 、 $Pb_5Ge_3O_{11}$  など、で試みられているが、1024ビット相度の実用的なものは、ほとんどない。一方次元ページコンポーザはPLZT、DKDPなどの複屈折材料で比較的容易に実現出

すなわち、 $\lambda_1 = 0.442 \mu$ 、 $\lambda_2 = 0.633 \mu$

$d_1 = 2 d_2 = 290 \text{ nm}$ 、ディスク回転数一定

$\beta_d = 1.0$ の条件で、FTLの設計上の銀点から  $F_1, F_2 \geq 1.0$  という制約のもとに、記録容量を求めると、下表のようになる。

記録容量の比較

	方式①	方式②	方式③	方式④
$F_1/F_2$	1.0/1.06	1.35/1.0	1.31/1.0	1.43/1.0
$D_B$ *1	$1.9 \times 10^5$ bits/cm <sup>2</sup>	$1.53 \times 10^5$ bits/cm <sup>2</sup>	$1.30 \times 10^5$ bits/cm <sup>2</sup>	$2.1 \times 10^5$ bits/cm <sup>2</sup>
$T_P$ *2	120分 (0.91)	97分 (0.73)	82分 (0.62)	132分 (1.0)

\*1 平均記録密度

\*2 4ch信号を、60 KHzで標準化し、13ビットで符号化したときの値

来る。

図13図は、PLZTを用いた一次元ページコンポーザとその変形の電極構造を示している。電極1310は、9/65/35 PLZT 1300を、たとえば、0.127 mmの厚さに光学研磨し、その片面に蒸着してある。この電極構造のPLZTページコンポーザでは2つの電極間にはさまれた情報構成用開口1320が入射光に位相差  $P$  を与え、これを1/2、すなわち、位相差  $\pi/2$ だけシフトして情報入力する訳であるから、入力データをソフトレジスタに一時たくわえ読み取り並列出力間でExclusive-ORをとったものを感圧増幅して各電極に印加しなければならない。図13図のaは情報構成開口1320の大きさが  $D_1 \times D_2$  であるから、記録されるホログラム1330は、そのサイズを  $D_{H1}, D_{H2}$  とすると、ホログラムサイズのテラコ比は、

$$\frac{D_{H1}}{D_{H2}} = \frac{D_2}{D_1} \dots\dots\dots (34)$$

となる。すなわち、記録密度を増加するためには

112(a)のような構造にした場合、ページコンポ  
ーザのビット数を $n_{p1} \times 1$ とすると、(34)式は、

$$\frac{D_{H1}}{D_{H2}} = \frac{\sqrt{3}}{4} n_{p1}$$

となり、 $n_{p1} = 0.4$ 、128 bits とすると、  
 $D_{H1}/D_{H2} = 2.6$ 、56 という値となる。したがっ  
て、再生光束の形状、トラッキングおよび媒体イ  
メージセンサの受光面積から、 $D_{H1}/D_{H2}$  をより小  
さい値にしたい場合がある。第13図例は、ペー  
ジコンポータの構造上の製作上の複雑さ、性能上  
の劣化を共なりことなく、同じ記録密度で、  
 $D_{H1}/D_{H2}$  を増やすページコンポータの一内であ  
る。

すなわち、幅約1340および情報溝幅開口1360  
の長さを $D_2$ とし、ビット数を $n_{p1} \times 2$ ビットと  
するわけである。この場合のホログラムは、  
 $D_{H1} \times 2D_{H2}$  となって、タテ・ヨコ比は2となる。  
ホログラム記録は、お互に偏波面が直交する光束  
間には干渉が生じないという事実を用いて、 $\pi/2$   
なる位相差をうけた光束あるいは、うけていない

光束、いずれかとの干渉を検出すればよい。

現在、PLZTを用いた二次元ページコンポ  
ータは、 $5/56/36$  PLZTセラミックスの場合、そ  
の厚さを0.127mm、直径の約76.2 $\mu$ 、 $D_1 = 50.6\mu$ 、  
 $D_2 = 2mm$ 、 $n_{p1} = 256$ ビットの構造で、立上り時間  
 $t_1 = 14\mu s$ 、立下り時間 $t_2 = 4\mu s$ 、コントラスト  
比200:1(電圧150Vの場合)かえられて  
おり、寿命も $10^{10}$ サイクル以上と、非常に良好な  
特性を示している。

次に本発明をオーディオ信号の記憶媒体に適用  
に応用した場合の実施例を示す。

第14図は、4chオーディオ信号のPCM信号  
符号をホログラフィックに、ディスク媒体へ記録す  
るための一実施例を示す。以下図面にしたがって  
動作を説明する。4chオーディオ信号1427は  
PCM録音機1428に記録される。このとき、  
PCM録音機1428にはディスク装置1431  
のディスク表面を1単位として、順次PCM信号  
が録音される。マスタクロック発生器1429の  
出力は、制御回路1432へ加えられ、制御回路

1432からの各出力によって、PCM録音機  
1428、ディスク装置1431、バッファメモ  
リ1433およびページコンポータドライバ1436  
のタイミングを制御している。PCM録音機1428  
から再生されたPCM信号は、断続的にディスク  
装置1431へ転送され、ディスク装置1431  
の出力は、バッファメモリ1433を介して、ペ  
ージコンポータドライバ1436にページコンポ  
ータのビット数に応じて入力され、ページコンポ  
ータ1416の情報構成開口1418のそれぞれ  
を駆動する。ここで、図の $S_1$ 、 $S_2$ は、第16図で  
詳述する同期ビットである。

ページコンポータ1416は、参照光開口1417  
と情報構成開口1418からなり、HBSD1414  
に記録されたHBSトラック1441の一つの  
HBSからPL1415を通して再生された参  
照光と位相遅の光がそれぞれに、結像する。ペー  
ジコンポータ1416の情報構成開口1418は、  
ページコンポータドライバ1436からの駆動信  
号によって、各開口に対応する位相板の位相変換

領域像を振幅変調もしくは位相変調する。このと  
き、ページコンポータ1416とHBSD1414か  
らの位相板の再生像とのタイミング関係は、第5  
図のように同期する必要がある。

ここでは、HBSD1414のHBSトラック  
1441を照射する再生光束1412の反射光束  
1413をフォトディテクタ1413で受光し、  
同期検出回路1426で増幅整形し、位相サーボ  
回路1435へ印加している。HBSD1414  
は、マスタクロック1429をカウンタ1430  
でカウントダウンした基準パルスによって位相サ  
ーボがかけられる。すなわち、カウンタ1430  
の出力と、同期検出回路1426の出力とが、位  
相サーボ回路1435に加えられ位相誤差出力を  
モータドライバ1438で増幅してモータ1440  
を駆動する。カウンタ1430の出力である基準  
パルスは、光変調器ドライバ1444によって光  
変調器1411を駆動すると共に、ページコンポ  
ータ1416の同期もとるわけである。このとき、  
光変調器1411は、ホログラムを露光する時に

100多オンKなるが、それ以外はH R D 1420の記録媒体が感光しない程度で、フォトディテクタ1425が動作する程度の光量が出力されるようにセッティングされている。このようにして、ページコンポザ1418によって変調された位相板の再生像と参照光とは、FTL<sub>2</sub>1419でフーリエ変換されて、H R D 1420上にホログラム記録される。当然のことながら第3図で説明したようにH R D 1420は、H B S D 1414と同期して、同一方向に回転している。ここでは同期する手段として、同期ピット用トラック1443とフォトランジスタと発光ダイオードを組合せたような同期検出器1422とを用いた一例を示す。同期検出器1422からの出力は同期検出回路1436でパルス化され、カウンタ1430の高準パルスと位相サーボ回路1435で位相比較され、その位相誤差信号がモータドライバ1437で増幅後モータ1421を駆動する。なお、モータ1421の回転制御は必ずしも必要ではない。

以上述べたように、連続信号である4ch、オー

ディオ信号は、PCM録音機、ディスク装置、バッファメモリおよびページコンポザの構成によって、時間的に所望する空間パターンに変換され、FTL<sub>1</sub>1415とFTL<sub>2</sub>141とによって構成される回折光学系で位相板のホログラムをビームスプリッタとして配光したH B S D 1414を入力とし、これと同方向に同期して回転するH R D 1420を出力として、ホログラムの干渉縞を記録面に対して相対的に静止せしめている。第14図ではFTL<sub>1</sub>とFTL<sub>2</sub>は、それぞれ $f_1$ なる焦点距離をもち、図のような位相関係にあるが、それぞれの焦点距離が異なってもよいのはもちろんである。

第14図において、レーザ光源としてH<sub>g</sub>-Cdレーザを用いるとして、出力 $P_{d1} = 76\text{mW}$ レーザ波長 $\lambda_1 = 0.442\mu$ 、FTL<sub>1</sub>の焦点距離 $f_1 = 70\text{mm}$ 、Fナンバー $F_1 = 1.31$ とすると、第11図および第13図bのような、ページコンポザの構成をとると、 $\eta_{p1} = 33\text{bit}$   $\eta_{p2} = 2\text{bit}$ として、(27)、(28)式から

$$P_{d1} = 1.40\text{mW}, P_{d2} = 8.0\text{mW}$$

$\beta_d = 0.7$ とすると、ホログラムの大きさは(29)、(30)式から、 $D_{H1} = 8.3\text{mm}$   $D_{H2} = 8\text{mm}$ となる。フォトレジストK A Z 1350を使用すると、H B S Dの記録の場合(第7図参照)。

$$\eta_{01} = 100\%, \theta = 30^\circ, d_1 = 290\text{nm} \quad (F_1 \sim 1.31 \text{に相当})$$

として

$$t_{exp} = 1.80\mu\text{s}, N_1 = 4.65\text{rpm}$$

したがって、H B S Dの記録時間は、(4)式より

$$T_{Rec} = 3.8\text{時間} \quad \text{となる。}$$

このときの $\Delta N_1/N_1 = 5\%$ である。

次に、H R Dの記録の場合(第14図参照)

$$\eta_{01} = 100\%, \theta = 30^\circ, d_1 = 290\text{nm} \text{として}$$

$$t_{exp} = 18.0\mu\text{s}$$

P L Z Tをページコンポザとして用いることとして、 $t_x + t_f = 100\mu\text{s}$ とすると、 $t_{Rec} = 118\mu\text{s}$ 、 $k = 8.6\%$ 、 $N_1 = 11.35\text{rpm}$ したがって、H R Dの記録時間は、(4)式より

$$T_{Rec} = 1.35\text{時間}$$

となり、本補償記録方式を用いないときと比して

16倍の時間短縮となる。すなわち、補償なしでは、20時間程度の記録時間が必要である。このときの記録容量Cは、ページコンポザの2x32ビットをPCM信号に割り当てるとして、

$$C = 2 \times 32 \times \frac{\pi \times 145}{1.10 \times 8 \times 10^{-3}} \times \frac{145}{2 \times 1.25 \times 63 \times 10^{-3}} = 3.05 \times 10^9 \text{ビット} \quad \text{となる。}$$

したがって4ch、オーディオ信号を、45KHzで標準化し13ビットで量子化すると、再生時間 $T_p$ は

$$T_p = \frac{3.47 \times 10^9}{4 \times 13 \times 45 \times 10^3} = 22\text{分}$$

となる。

再生時間 $T_p$ の長時間化は、高性能の荷役制御位相板の使用および、 $\beta_d$ 、 $\beta_H$ 、 $\beta_T$ を1.0に近づけることによって3倍程度のアップが可能である。

第15図は、第14図の記録系で作成されたH R Dを、そのまま、もしくは、コピーしたディスクを再生する装置の一実施例である。第15図にしたがってその動作を以下に説明する。

一定速度  $N_2$  で回転している H R D 1 5 1 7 K は、ページコンポーザのホログラムがトラック 1 5 1 8 上に多数記録されており、脱出光束 1 5 1 8 で照射されている。ディスクは一般に 100  $\mu$ m 程度の偏心をもつため、再生用レーザ光源 1 5 0 0 の出射光束は、ホログラムの形状に合わせて、ビーム整形するビーム整形用レンズ 1 5 1 1 で整形された光束 1 5 1 2 を、トラッキングミラー 1 5 1 3 で角度偏向し、トラッキングミラー 1 5 1 3 を前焦点面、H R D を後焦点面とするコリメートレンズ 1 5 1 5 によって、光軸に平行な移動に変換し、ホログラムの再生ビット像の一端を光電変換して、これをトラッキング信号としてトラッキングをかけている。

ページコンポーザとして、図 1 4 図のような長方形情報構成開口をもつ場合は、ホログラムの形も長方形となるため、脱出光束 1 5 1 8 は、ビーム整形用レンズ 1 5 1 1 としてシリンドリカルレンズを用いて、ビーム整形が行なわれる。図 1 4 図の数値例の場合、 $D_{H1} = 6.6 \mu$ 、 $D_{H2} = 0 \mu$  という

ラムのトラック 1 5 1 8 6 0 から、最良の状態でホログラムが再生されるように、脱出光束 1 5 1 8 4 0 を制御する。活性層 1 5 1 0 での発光領域は  $1 \mu \times 15 \mu$  程度であるから、発光波長を  $0.8 \mu$  として、その拡がり角は、数  $10^\circ \times$  数  $^\circ$  となる。結像レンズ 1 5 2 0 と、半導体レーザ 1 5 0 0 および H R D 1 5 1 5 0 との間の距離を図 1 5 図のように、 $a$ 、 $b$  とすると、脱出光束 1 5 1 8 4 0 は活性層 1 5 1 0 の  $b/a$  倍に拡大される。したがって、図 1 5 図の如き、ビーム整形レンズを用いることなく  $a/b$  を適当に選ぶことによって高効率で偏平率の高い脱出光束を作ることが出来る。

脱出光束 1 5 1 8 4 0 で照射されたホログラムからの回折光は、 $FIL_3$  1 5 2 0 でフーリエ変換され、固体イメージセンサ 1 5 2 1 上に再生ビット像を結ぶ。ここでは、固体イメージセンサ 1 5 2 1 K、自己走査型 MOS イメージセンサを用いた例を示しているが、B B D、C C D のような固体イメージセンサの使用も可能である。固体イメージセンサ 1 5 2 1 の駆動検出回路系は、センサの走査速度に等しい周波数  $f_0$  をもつマスタクロック (C P) 発

ホログラムに対応して、ビーム整形が行なわれるわけである。

一方、過剰の着しい半導体レーザは、小型、直接光変調可能、安価、高効率、大出力などから、このような再生装置の再生用レーザとして最適と考えられている。しかしながら、その出力ビームパターン形状が非常に偏平であることから、光通信や通常のビットバイビット記録再生システムには、そのまゝでは効率よく使用できず、整合光学系を必要としているが、本発明の実施例のごとき、ホログラムの再生には、偏平光束をそのまま利用出来て好都合である。

第 1 8 図は、半導体レーザを再生光源とした H R D からのホログラム脱出し部分を示している。

半導体レーザ 1 5 0 0 の活性層 1 5 1 0 からの出射ビームは、結像レンズ 1 5 2 0 によって、H R D 1 5 1 5 0 上に活性層 1 5 1 0 を結像する。このとき、H R D 1 5 1 5 0 と結像レンズ 1 5 2 0 の中間に設けられたトラッキングミラー 1 5 1 3 によって、H R D 1 5 1 5 0 上に記録されたホログ

ラムのトラック 1 5 1 8 6 0 から、最良の状態でホログラムが再生されるように、脱出光束 1 5 1 8 4 0 を制御する。活性層 1 5 1 0 での発光領域は  $1 \mu \times 15 \mu$  程度であるから、発光波長を  $0.8 \mu$  として、その拡がり角は、数  $10^\circ \times$  数  $^\circ$  となる。結像レンズ 1 5 2 0 と、半導体レーザ 1 5 0 0 および H R D 1 5 1 5 0 との間の距離を図 1 5 図のように、 $a$ 、 $b$  とすると、脱出光束 1 5 1 8 4 0 は活性層 1 5 1 0 の  $b/a$  倍に拡大される。したがって、図 1 5 図の如き、ビーム整形レンズを用いることなく  $a/b$  を適当に選ぶことによって高効率で偏平率の高い脱出光束を作ることが出来る。

脱出光束 1 5 1 8 4 0 で照射されたホログラムからの回折光は、 $FIL_3$  1 5 2 0 でフーリエ変換され、固体イメージセンサ 1 5 2 1 上に再生ビット像を結ぶ。ここでは、固体イメージセンサ 1 5 2 1 K、自己走査型 MOS イメージセンサを用いた例を示しているが、B B D、C C D のような固体イメージセンサの使用も可能である。固体イメージセンサ 1 5 2 1 の駆動検出回路系は、センサの走査速度に等しい周波数  $f_0$  をもつマスタクロック (C P) 発生器 1 5 3 5、スタートパルス (S P) 発生用カウンタ 1 5 3 4、4 相クロックパルス発生器 1 5 3 3 及び MOS ドライバ 1 5 3 2、1 5 3 6 で構成されており、それぞれ、ドライブ信号 1 5 2 4、1 5 2 5 として固体イメージセンサ 1 5 2 1 K に印加され固体イメージセンサ 1 5 2 1 からの 2 本の出力 (ビデオ出力 V S およびノイズ出力 N S) 1 5 2 6 は、それぞれ差動増幅器 1 5 3 9 のインバータ入力端子およびノンインバータ入力端子に同じゲインで差動増幅されるように接続されて、デジタル化された後、バッファメモリ 1 5 3 8 へ記憶される。バッファメモリ 1 5 3 8 へ入力された直列 P C M 信号は、直列並列変換器 1 5 4 2 によって、4 0 b の P C M 信号に分離され、各チャネルバッファメモリ 1 5 4 3、1 5 4 4、1 5 4 5、1 5 4 6 K に分配入力される。各チャネルバッファ 1 5 4 3 ~ 1 5 4 6 は、マスタクロック発生器 1 5 3 5 を脱出パルスとして、H R D 1 5 1 7 の回転のシフトに無関係に、各チャネルの P C M 信号を D/A 変換器 1 5 4 7 ~ 1 5 5 0 K によって、

D/A変換し増幅器1551~1554で増幅後、スピーカシステム1555~1558を駆動する。HRD1517の回転数 $N_2$ のシフトは、ホログラムの再生時間の誤差として検出され、再生4チャンネルオーディオ信号の品質をそこなうことはない。

一方、固体イメージセンサ1521Kは、上記の電荷蓄積モードで動作するPCM信号の空間パターンを光電変換する受光部と、同期用ビット $S_1'$ 、 $S_2'$ を非電荷蓄積モードで検出する同期検出受光部とが、同一チップ上に集積化されていて、差動同期信号出力 $S_1'$ 、 $S_2'$ 1527を生じる。差動同期信号1527は、第16図Kに示すように、第16図Aのページコンポジットの $S_1$ および $S_2$ Kによって、第16図Dの $S_1$ 、 $S_2$ Kに示すように、隣りありホログラム間で、交互にON-OFFするようにしてホログラムを記録される。すなわち、ホログラム間で、 $S_1$ および $S_2$ が差動的にオンとなる。したがって、固体イメージセンサ1521からの差動同期信号出力 $S_1'$ 、 $S_2'$ 1527は、差動増幅器

1539Kによって、同期信号出力 $S_O$ /559となる。第16図Eは、以上の過程で各種の光学的、電気的なノイズが、差動同期信号出力 $S_1'$ 、 $S_2'$ Kに加わっているにもかかわらず、差動増幅器1539で両者の差分がとられることによって、同期信号出力 $S_O$ /559でのノイズが大幅におさえられることを示している。このようにして得られた同期信号出力 $S_O$ /559は、整形回路1540Kによって、同期パルス1529として、位相サーボ回路1523Kに加えられ、基準となるスタートパルス1528と位相比較され、その差をモータドライバ1521Kに加えて、モータ1519Kに位相サーボをかける。一方、同期信号出力1559は、トラッキング制御回路1531Kに加えられ、ミラードライバ1530で増幅後、トラッキングミラー1513Kによって、ホログラムのトラック1518と検出し光束1516との間にトラッキングをかける。なお同期信号は上記以外に、0次回折光もしくは、HRDの最外周に同期ビットを記録した専用同期トラックを用いて検出する方法もある。

次に、第16図Kにおいて、再生用レーザ光源1500K、He-Neレーザを使用し、再生倍率 $M=1/5$ とした場合、第14図で作成したHRDの再生を考える。(14)式より、 $\lambda_1=0.442\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2=0.633\mu\text{m}$ 、 $f_1=71.6\text{mm}$ 、 $M=1/5$ から

$$f_2 = \frac{0.442}{0.633} \times 71.6 \times \frac{1}{5} = 10\text{mm}$$

また、(32)式より

$$F_2 = 1.06 \times \frac{0.442}{0.633} \times 1.35 = 1.0$$

すなわち、再生用FTL<sub>3</sub>1520は、焦点距離 $f_2=10\text{mm}$ 、Fナンバー、 $F_2=1.0$ となる。

次に、固体イメージセンサ1521のホログラム読出し時間をホログラム当りのPCM信号再生時間の半分とすると、マスタクロック発振器1535の周波数 $f_0$ は、イメージセンサの受光素子数をページコンポジットのビット数と1対1に対応させて

$$f_0 = 2 \times 4 \times 13 \times 45 \times 10^3 = 4.68\text{MHz}$$

となる。また再生用レーザの出力 $P_{22}$ は、光学効率を50%、ホログラムの回折効率を5%、固

体イメージセンサのビット当りの感度を $10\text{pJ}/\text{ビット}$ とすると、

$$P_{22} \approx 2 \times \frac{10 \times 10^{-12}}{0.80 \times 0.06} (4 \times 13 \times 45 \times 10^3) = 1.9\text{mW}$$

となる。

HRD1517の回転数 $N_2$ は、ホログラムから再生すべき4チャンネルPCM信号のビットレートによって決まり

$$N_2 = \frac{60}{\pi \times 145} \times \frac{(4 \times 13 \times 45 \times 10^3)}{(2 \times 32)} \times (1.25 \times 6\mu) = 38\text{rpm}$$

となる。すなわち、小形のHe-Neレーザと、通常のレコードプレーヤなみの回転数で、78dB以上のダイナミックレンジをもったレコードがこのホログラムシステムで構成される。一枚の30mm径のHRDから、30分~80分以上の再生が出来、しかもマスタHRDの記録時間は、再生時間の1.7倍~3.4倍と現実的な値である。

第17図は、HBSDまたはHRDを電子ビーム記録装置で作成するための一実施例である。ここでは、HRDを記録する場合を例にとって説明

しよう。PCM信号の記録された磁気テープ装置1700から、1ブロックのデータがディスク装置1710へ転送され、FFT(高速フーリエ変換)プロセッサ1720で、フーリエ変換プログラムを計算する。その結果は、磁気テープ装置1730へ出力され、これを入力として電子ビーム記録装置1740によって、変調した電子ビームをHRD上にラスタ走査して、順次プログラムをうず巻状トラックに記録してゆく。電子銃および集束偏向系1750は、HRD1760上に、1 $\mu$ 以下の格子を記録することは容易で、しかも走査領域は、分解能の10<sup>4</sup>程度可能であるから、十分、プログラムの記録が可能である。一方、FFTプロセッサ1720の演算速度は、64×64ビットで2 msecは容易であるから、HRDを一枚作成するに要するFFT実行時間は、プログラムサイズを100×100 $\mu$ m<sup>2</sup>として、プログラム数6×10<sup>6</sup>個から2.7時間となる。電子ビーム記録装置1740のプログラム当りの記録時間を1/30秒とすると、61時間が必要である。このシステムは、ページ

コンポーザ記録光学系などハード的な課題をソフトで解決出来るという特徴があり適当な電子ビーム記録装置および記録媒体の組合わせを利用できる場合の方法として有利な面がある。マスターHRDの記録媒体はガラス基板にスピナーでフォトレジストを塗布したものか、R.f.スペクトリングで、Se系アモルファスなとえば、As<sub>10</sub>Se<sub>90</sub>、Ge<sub>22</sub>Se<sub>78</sub>薄膜を形成したものなどが使用され、露光後、現像処理してレリーフプログラムを形成する。このレリーフプログラムに金属メッキするか、そのままマスターとして、塩化ビニールシートなどに加熱加圧複写するわけである。

以上、オーディオシステムとしての本発明の特徴を要約すれば(1)非常に広いダイナミックレンジの高品質録音再生が可能である。(2)プログラムの冗長性によってゴミ、ホコリ、キズに強く、取扱い容易であることに加えて非接触再生系であるので初期性能が劣化することなく常に最高性能を発揮できる。(3)制御系、機構系は非常に簡単となり、通常のオーディオレコードと同様スタンバイ

によってマスターから大量のプレス複写ができるなど再生装置のコストおよび生産性と共にソースの供給性も非常に良好なシステムを提供可能ならしめるものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はディスクへの従来のホログラム記録系を示す図、第2図～第18図は本発明に関するものであり、第2図は本発明の原理説明図、第3図は本発明の一実施例のディスク状記録媒体へのホログラム記録する構成を示す図、第4図は本発明の構成要素であるホログラフィックビームスプリッタのディスク上の配列を示す図、第5図はページコンポーザとホログラフィックビームスプリッタディスクのタイミング関係を示す図、第6図はホログラフィックビームスプリッタを作成する光学系を示す図、第7図はホログラフィックビームスプリッタディスクを作成する光学系を示す図、第8図は本発明の異なる実施例のディスク状記録媒体へのホログラム記録系を示す図、第9図は、本発明の他の実施例であって、テープ状媒体にホ

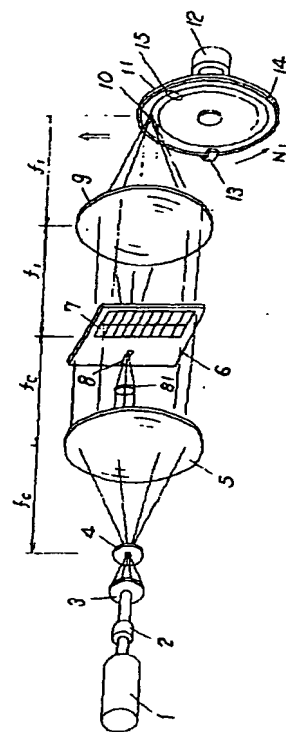
ログラムを記録する光学系を示す図、第10図はホログラム記録用ディスクを再生する光学系を示す図、第11図はフーリエ変換レンズとページコンポーザの位置関係を示す図、第12図は2次元ページコンポーザを示す図、第13図は1次元ページコンポーザとその変形の例を示す図、第14図は本発明を応用したPCM信号をホログラム記録用ディスクへ記録するシステムのブロック図、第15図は第14図の構成で記録した記録媒体から信号を再生する系を示す図、第16図は同期ビットの記録再生の説明図、第17図は電子ビーム記録装置によるホログラムビームスプリッタディスクおよびホログラム記録用ディスクを作製する系を示す図、第18図は半導体レーザを再生用光源としたときの脱出光路系を示す図である。

30.....レーザ光源、31.....光変調器、32.....ホログラムビームスプリッタディスク(HBSD)、33, 36.....モータ、34, 35.....フーリエ変換レンズ(FTL<sub>1</sub>, FTL<sub>2</sub>)、36.....ページコンポーザ(PC)、37.....ホロ

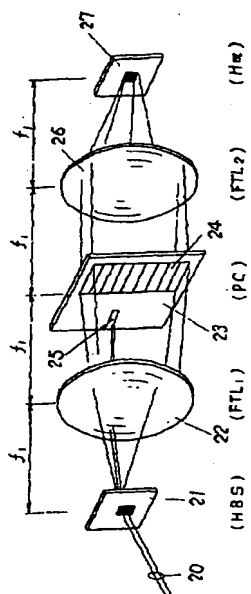
グラム記録用ディスク(HRD)。

代理人の氏名 弁護士 中 尾 敏 男 ほか1名

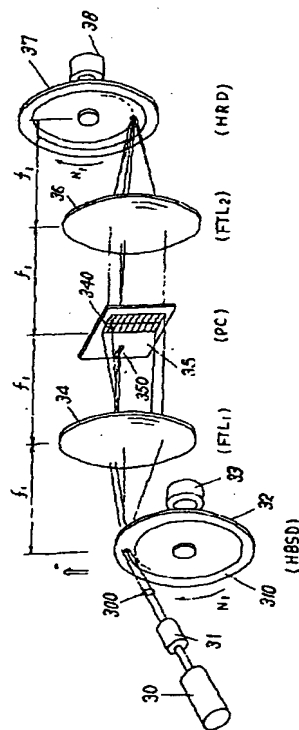
特開昭52-100249(15)



第 1 図



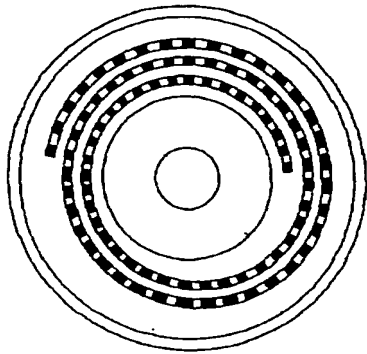
第 2 図



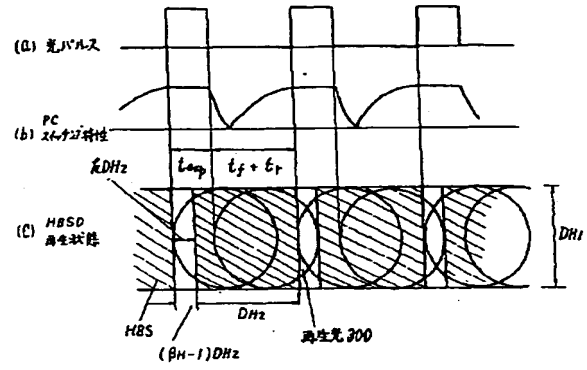
第 3 図



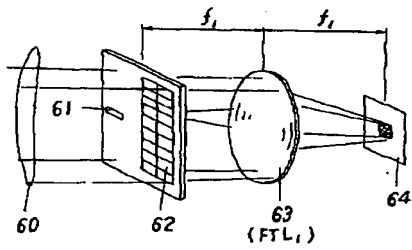
第 4 図



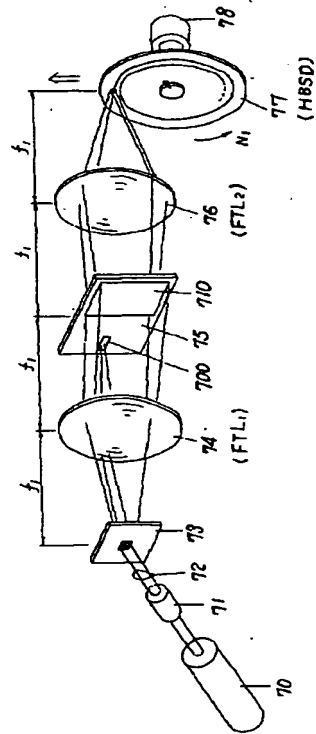
第 5 図

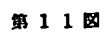
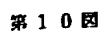
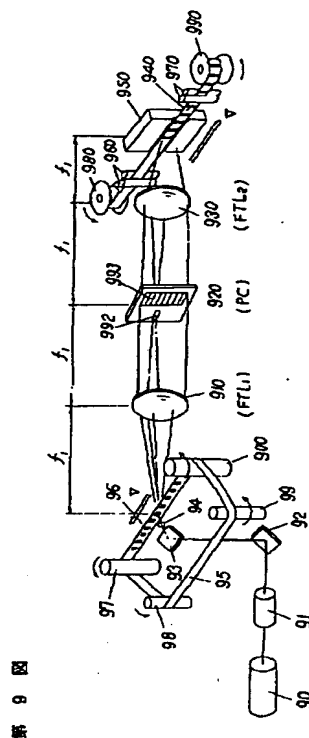
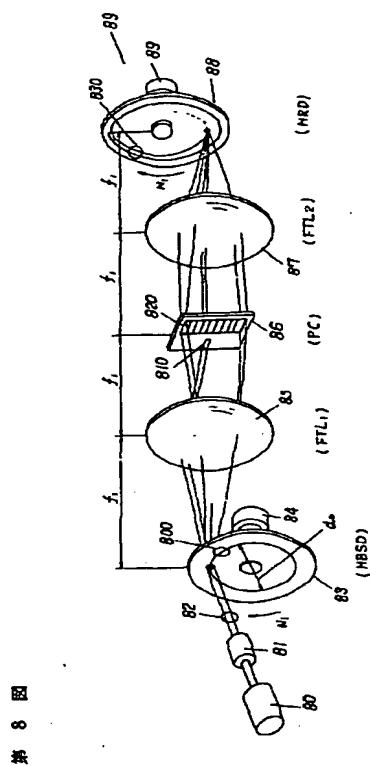


第 6 図

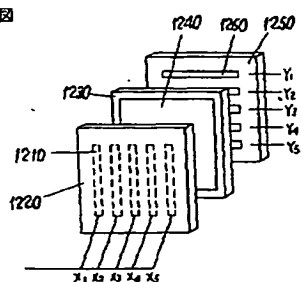


第 7 図

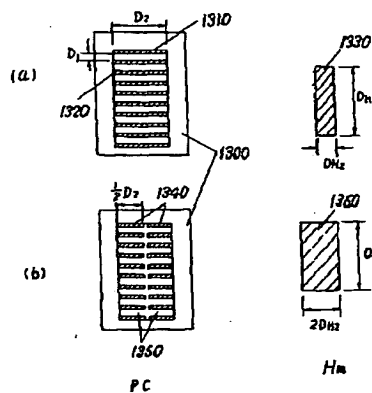




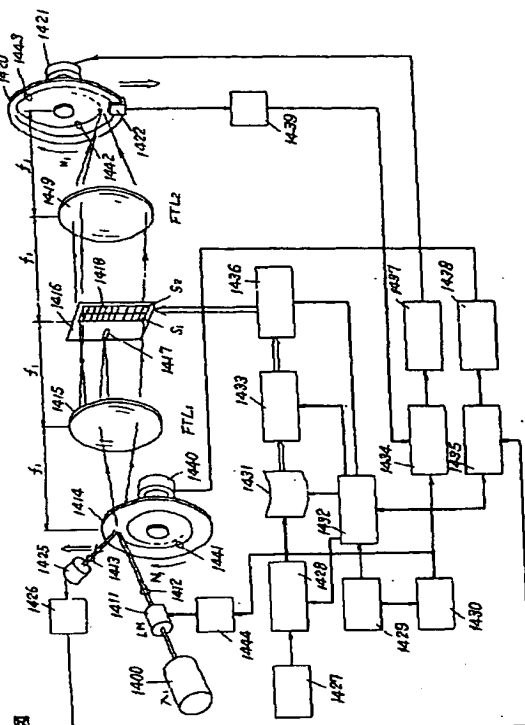
第 12 圖



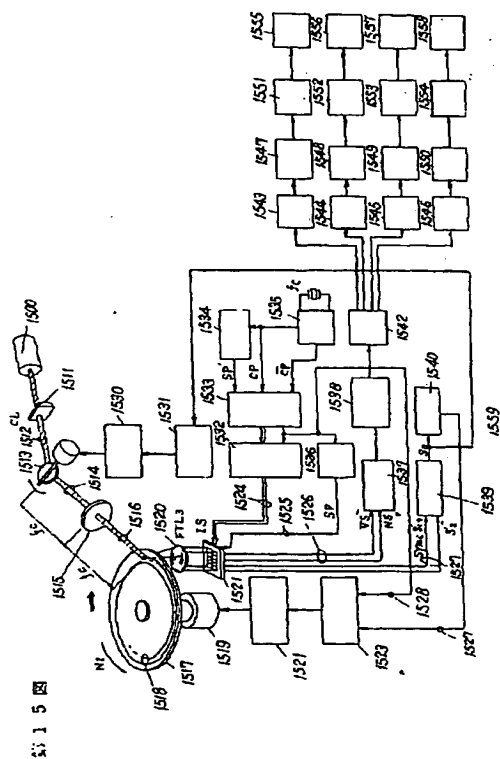
第 13 圖



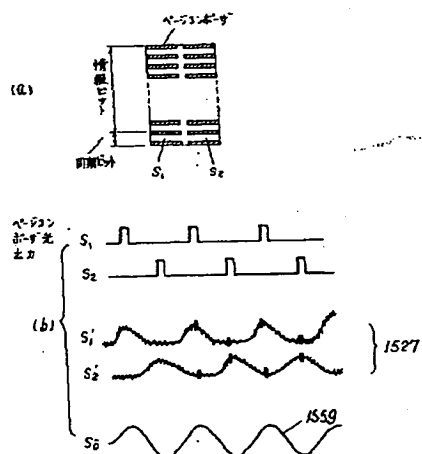
Y14因



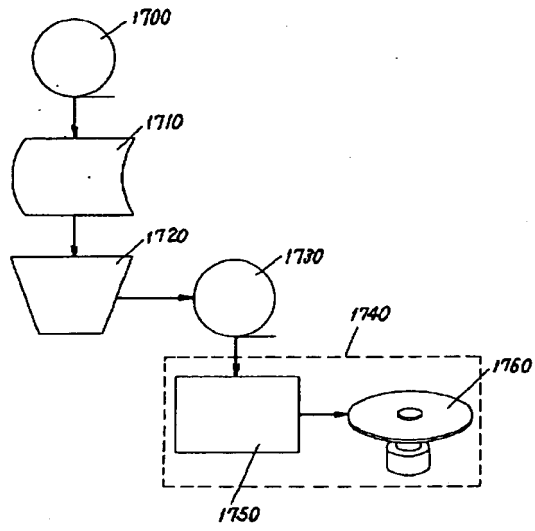
第 16 圖



第 16 圖



第 17 図



第 18 図

